

**ACADEMIA NACIONAL
DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

BUENOS AIRES

REPUBLICA ARGENTINA

Acto de Incorporación
del Académico de Número
Ing. Agr. BENNO SCHNACK

Apertura del Acto por el Presidente de la Academia,
Académico de Número Dr. ANTONIO PIRES

Discurso de recepción por el Académico de Número
Ing. Agr. JUAN H. HUNZIKER

Consideraciones sobre genética, por el
Académico de Número
Ing. Agr. BENNO SCHNACK



SESION PUBLICA

del

29 de Setiembre de 1980

ACADEMIA NACIONAL DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

Fundada el 16 de Octubre de 1909

Arenales 1678 - Buenos Aires

MESA DIRECTIVA

<i>Presidente</i>	Dr. Antonio Pires
<i>Vicepresidente</i>	Ing. Agr. Gastón Bordelais
<i>Secretario General</i>	Dr. Enrique García Mata
<i>Secretario de Actas</i>	Dr. Alfredo Manzullo
<i>Tesorero</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Protesorero</i>	Dr. José M. R. Quevedo

ACADEMICOS DE NUMERO

Dr. Héctor G. Aramburu
Dr. Alejandro Baudou
Ing. Agr. Gastón Bordelais
Ing. Agr. Juan J. Burgos
Ing. Agr. Ewald A. Favret
Dr. Enrique García Mata
Dr. Mauricio B. Helman
Ing. Agr. Juan H. Hunziker

Ing. Agr. Walter F. Kugler
Dr. Alfredo Manzullo
Ing. Agr. Ichiro Mizuno
Dr. José J. Monteverde
Dr. Emilio G. Morini
Dr. Antonio Pires
Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
Dr. José M. R. Quevedo
Ing. Agr. Arturo E. Ragonese
Dr. Norberto Ras
Ing. Agr. Manfredo A. L. Reichart
Ing. Agr. Benno Schnack
Ing. Agr. Alberto Soriano
Ing. Agr. Santos Soriano
Dr. Ezequiel C. Tagle

ACADEMICO HONORARIO

Ing. Agr. Dr. Norman Borlaug

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES

Dr. Telésforo Bonadonna (Italia)
Dr. Felice Cinotti (Italia)
Ing. Agr. Guillermo Covas (Argentina)
Dr. Carlos Luis de Cuenca (España)
Ing. Agr. Armando T. Hunziker (Argentina)
Ing. Agr. Antonio Krapovickas (Argentina)
Ing. Agr. Jorge A. Luque (Argentina)
Ing. Agr. León Nijensohn (Argentina)
Ing. Agr. Ruy Barbosa P. (Chile)

CONSIDERACIONES SOBRE GENÉTICA

“La Genética se ha constituido en la espina dorsal teórica de la Biología”. (Norman H. Horowitz, 1956.)

“La Genética es, sobradamente, la ciencia más interesante de nuestros días”. (Erwin Schrodinger, prestigioso físico teórico; citado por N. H. Horowitz, *op. cit.*)

Los estudios genéticos han aportado grandes descubrimientos que iluminaron el campo de la biología. Los mismos comienzan con Gregor Johann Mendel (1822-1884) y su establecimiento de las leyes que llevan su nombre, hecho ocurrido en el año 1865. Como sabemos, los resultados de Mendel, publicados en 1866, permanecieron prácticamente ignorados hasta el año 1900, cuando fueron exhumados por Correns en Alemania, de Vries en Holanda, y Tschermak en Austria. Luego, en una enumeración aproximadamente cronológica, siguieron los aportes de Bateson, Cuenot, Castle, Johannsen, Nilsson-Ehle, Morgan y su escuela (Bridges, Sturtevant, Nuller, etc.). Baur, Stern, Fisher, Darlington, Müntzing, Beadle y Tatum, Mather, Lederberg y muchos otros, hasta culminar recientemente con el establecimiento de la estructura molecular del material hereditario, ADN (Watson y Crick, 1953) y el desciframiento del código genético (Nirenberg y Matthaei, 1961; Lengyel, Speyer y Ochoa, 1961; Yanofsky, 1963). Desde el redescubrimiento de las leyes mendelianas hasta el momento actual han transcurrido aproximadamente ocho décadas, y durante dicho lapso la genética tuvo un desarrollo sin paralelo en ninguna otra ciencia biológica, habiendo avanzado rápida-

mente paso a paso, cada uno de ellos apoyándose ciertamente en un paso anterior cumplido por logros de investigadores previos. Más de una vez se ha manifestado que el desarrollo de la genética ha sido **explosivo**, pero sin duda este no es el adjetivo que corresponde; más bien tuvo un desarrollo **continuo y acelerado**, aceleración que llegó a un punto culminante en tiempos recientes. Si tomamos como ejemplo uno de los descubrimientos más importantes, como lo es el establecimiento de la estructura molecular del ADN por Watson y Crick, reconocemos las investigaciones e ideas de una serie de precursores, a saber:

Publicación del trabajo del bioquímico suizo J. F. Miescher en 1871 (enviado en 1869): **Über die chemische Zusammensetzung der eiterzellen**. Hoppe-Seylers medizinische chemische Untersuchungen, 441. Al referirse a Miescher, el genetista W. Lenz se expresa así: “En una carta del año 1892 Miescher formuló el problema de la naturaleza química de la información genética de modo sorprendentemente parecido a los conceptos modernos. Posiblemente era suficiente un pequeño número de combinaciones químicas que al igual que las letras del alfabeto podrían reproducir todas las palabras y los conceptos de todos los idiomas (R. Olby

y E. Posner. **An early reference to genetic coding.** Nature, 215 [1967], 556).

Publicación en 1882 de la obra de Walther Flemming, **Zellsubstanz, Kern - und Zellteilung.** Leipzig. En ella se introduce el concepto de "cromatina".

En 1896 se publica la obra del gran citólogo E. B. Wilson, **The Cell in Development and Heredity.** En ella su autor expresa que "la cromatina es muy parecida, si no idéntica, a la nucleína (descripción de Miescher del complejo ácido nucleico-proteína del núcleo celular). La herencia está determinada quizá por la transmisión física del ácido nucleico de los padres a los descendientes".

Publicación de A. Ascoli en 1900, **Über ein neues Spaltungsprodukt des Hefenucleins.** Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem., 31 (1900/1901, 161). Diferenciación entre nucleína de la levadura (más tarde ARN) y nucleína tímica (más tarde ADN).

Se describió primero el ácido nucleico de la levadura. La denominación "ácidos nucleicos" fue introducida por R. Altmann (**Über Nucleinsäuren.** Arch. Anat. Physiol, 1889, 524). A. Kossel había identificado algunos de los componentes de los ácidos nucleicos. Levene, P. A. y W. A. Jacobs (**Über die Pentose in den Nucleinsäuren, II.** Chem. Berl., 42, 1909, 3247) encontraron que el ácido nucleico de la levadura contenía el azúcar ribosa. La desoxiribosa del "ácido timonucleico" fue identificada en el año 1930 (Levene, P.A., L.A. Mikesa and T. Mori: **On the carbohydrate of thymonuclein acid.** J. biol. Chem., 85, 1930, 785).

En 1928, Griffith (**Significance of pneumococal types.** J. Hyg., Camb.,

27: 113-159) al tratar bacterias vivas de **Diplococcus pneumoniae** de cepas no virulentas con extractos de cepas virulentas muertas por calor, descubre el principio **transformante**, que transforma en virulentas a dichas cepas no virulentas (adquisición de encapsulación por formación de polisacáridos de tipos específicos).

En 1944 Avery, McLeod y McCarthy (**Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococal types. Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from Pneumococcus Type III.** J. Exp. Med., 79: 137-158), demuestran que el principio transformante está constituido totalmente por ADN.

En 1952, Hershey y Chase (**Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage,** J. Gen. Physiol., 39-56), mediante infección viral (Bacteriófago T2 marcado radioactivamente con ^{32}P y ^{35}S), demostraron que el material hereditario (aquel que el virus inyecta en la bacteria y en cuyo interior se replica) es el ADN.

En la década de los años 40, estimulados sin duda por las comprobaciones de Griffith y de Avery et al., Chargaff (**Chemical specificity of nucleic acids and mechanism of their enzymatic degradation.** Experientia, 6: 201-209. 1950) demostró que las bases de nucleótidos (adenina, guanina, timina y citosina) del ADN, no se encuentran en cantidades iguales (formando tetranucleótidos repetidos, según fuera propuesto previamente por Levene), cambiando en especies diferentes la relación entre bases diferentes, siendo el ADN una cadena larquísima consistente en miles de nucleótidos en secuencias muy variadas.

En 1953, a partir de los esquemas de difracción de rayos X, Wilkins (Wilkins, M.H.F., Stokes, A.R. and Wilson, H.R. **Molecular structure of deoxypentose nucleic acids**. Nature, Lond., 171: 738-740) llegaron a la conclusión de que la molécula de ADN tenía forma de hélice, Wilkins compartió el premio Nobel de Medicina y Biología con Watson y Crick, en 1962.

Los resultados de Chargaff y de Wilkins fueron utilizados por Watson y Crick. Se había demostrado que había una relación 1:1 entre la purina adenina y la pirimidina timina, y entre la pirimidina citosina y la purina guanina. Esta relación no se cumplía en cambio entre las dos purinas ni entre ambas pirimidinas. Aunque sus investigaciones tuvieron el apoyo de los resultados de investigadores previos, su contribución fue de gran importancia, creando un modelo que cumplía los requerimientos funcionales del material hereditario, y lograron la explicación moderna, ampliamente aceptada, sobre la mecánica de la duplicación del ADN (Watson, J.D. and Crick, F.H.C. 1953. **A structure for deoxyribose nucleic acid**. Nature, Lond., 171: 964-967).

Otro desarrollo muy importante de los estudios genéticos se produjo en la rama denominada **genética molecular** en su sentido más restricto, es decir, "el estudio de los aspectos moleculares de los mecanismos genéticos y el control de los procesos metabólicos por el material genético" (vease Rieger, Michaelis y Green, 1976). Aquí tampoco ocurrió lo que podría llamarse un desarrollo explosivo, ya que el primer precursor en este campo fue el médico inglés Archibald Garrod, quien en los primeros años de este siglo se interesaba

ya en el control genético de reacciones bioquímicas específicas en el hombre. En una sucesión que describimos rápidamente siguen los estudios genéticos y bioquímicos sobre pigmentos florales, por los investigadores británicos Onslow, Basset, Scott-Moncrieff y Lawrence (Lawrence, 1950), sobre pigmentos oculares en *Drosophila* por Beadle y Ephrussi (1937), y los estudios sobre mutaciones y trayectorias bioquímicas en bacterias (Bonner, Brenner, Yanofsky, Demerec y Hartman, etc.) y en el hongo *Neurospora* por Beadle y Tatum (1941; Tatum, 1959). Las investigaciones de estos últimos autores llevaron al concepto "un gen - una enzima" modificado posteriormente por Horowitz a "un gen - un polipéptido". Por sus aportes, Beadle y Tatum merecieron el premio Nobel de Medicina y Biología de 1958.

Tampoco ninguna otra rama de la genética tuvo un desarrollo que podría describirse como explosivo. Quizá el desarrollo más expansivo de la genética ocurrió luego del redescubrimiento de las leyes de Mendel, en las primeras décadas del siglo actual, pero ésta fue una "explosión" retardada, puesto que la mecha se prendió en 1865 y el "estallido" ocurrió ya entrado el siglo XX. El desarrollo posterior fue acelerado y llevó al establecimiento definitivo de la **teoría cromosómica de la herencia**.

Es notable, mayormente en nuestros investigadores jóvenes (digamos muchos de aquéllos que ingresaron a la genética durante las dos últimas décadas) una tendencia a ignorar el enorme aporte de resultados muy importantes producidos en décadas anteriores. En como si para ellos la genética hubiera comenzado en los alrededores del año 1960, es decir

cuando ya había producido la mayor parte de sus logros. Ello revela un desconocimiento de la historia de la historia de la genética, o cuando menos una falta de familiaridad con la misma. Una consecuencia es suponer erróneamente que la genética tuvo un desarrollo explosivo.

He de referirme ahora a una cuestión en cierto grado olvidada por la mayoría de los biólogos: la controversia que sostuvieron los genetistas occidentales con los sostenedores de la vieja teoría de Lamarck de la herencia de los caracteres adquiridos. Aunque estos últimos acallaron sus voces luego de la caída de Lysenko alrededor de 1965, se manifiestan de tanto en tanto intentos de resurgimiento de esas ideas, no obstante la inexistencia de hecho fidedignos en apoyo de las mismas. Conviene recordar que alrededor del año 1940, los biólogos michurinistas se mofaban de los genetistas occidentales, insertando en sus críticas frases tales como “tres como papá, uno como mamá”, y otras, con las cuales trataban de ridiculizar al mendelismo. El propio Lysenko y varios de sus seguidores manifestaron haber logrado notables y fantásticas trasmutaciones específicas, simplemente por modificación de las condiciones ambientales, y hablaban despectivamente de la genética “mendelista-morganista-weismannista-idealista”. Un ejemplo ilustrativo de las transformaciones aludidas fue la pretensión de Lysenko de haber logrado el cambio de la especie *Triticum durum* (trigo de primavera de 28 cromosomas somáticos) hacia la especie *T. vulgare* (= *T. aestivum*) (trigo de invierno de 42 cromosomas somáticos) simplemente mediante el cultivo de la primera durante dos o tres años en condiciones

otoño-invernales. Estas manifestaciones no resisten el menor análisis: es imposible comprender como un simple cambio ambiental puede producir en sólo dos o tres años todas las complejas y numerosas diferencias entre especies distintas, proceso que los estudiosos han demostrado que en la naturaleza requiere la producción de numerosos cambios génicos y cromosómicos, y además la acción de la selección natural actuando sobre períodos de tiempo muy prolongados. Transformar una especie en otra no es como “soplar y hacer botellas”. Además, en el caso particular de *T. durum* y *T. aestivum*, la trasmutación del primero en el segundo implicaría algo que los genetistas ignoran, es decir, que la naturaleza haya aprendido a multiplicar directamente por 1,5, que tal sería el caso de pasar directamente de los 28 cromosomas de *durum* a los 42 de *aestivum*. De modo que el supuesto logro de Lysenko podría explicarse muy simplemente por la contaminación de semilla de *durum* por mezcla accidental con semilla de *aestivum*. Esta sería la conclusión más benévola, pues otra podría ser que la completa historia de las trasmutaciones específicas fue una total mistificación.

La ausencia de herencia de las modificaciones fenotípicas (o caracteres adquiridos) ha sido comprobada por numerosos biólogos, y como lo señala Stebbins (en Dobzhansky, Th., F. J. Ayala, G. L. Stebbins and J. D. Valentine. *Evolution*. Freeman, San Francisco, 1977) la tesis lamarckista “finalmente ha sido demolida con el reconocimiento de la segregación molecular de la línea germinal, en la forma de moléculas de ADN que no pueden alterar su estructura en una modalidad adaptativa en respuesta a

estímulos específicos del ambiente. La genética molecular ha demostrado también que las características morfológicas y las reacciones fisiológicas son producidas de una manera altamente indirecta, a través de la acción concertada de veintenas o centenas de genes que codifican para enzimas responsables de trayectorias biosintéticas o para sistemas complejos de reguladores de la acción génica. La naturaleza de esta complejidad anula cualquier posibilidad de que mutaciones sucesivas puedan causar automáticamente que una característica se altere progresivamente en una sola dirección".

Con referencia al tema en tratamiento, tomamos las citas siguientes del Capítulo "Datos sobre la historia de la genética Humana", por W. Lenz, de la obra **Genética Humana**, dirigida por el Prof. Dr. P. E. Becker, tomo I/1, págs. 102-103 (Ediciones Toray, Barcelona, 1971): 1948. Triunfo del lisenkoismo en la URSS. Jornada de los científicos agrónomos de la Academia Lenin de la Unión Soviética, 31 de julio hasta 7 de agosto de 1947. Comunicación estenográfica. Edición para Literatura en Lenguas Extranjeras. "La situación en la ciencia biológica". Moscú, 1949.

Manifestaciones de Lysenko en dicha publicación:

— "Es inconcebible la teoría materialista de la evolución de la naturaleza de la materia viviente, si no se reconoce la necesidad de la transmisión hereditaria de los rasgos individuales adquiridos por el organismo en determinadas condiciones de la vida".

— "El factor hereditario es el resultado de la acción concentrada de las condiciones del ambiente asimi-

ladas por los organismos en una serie de generaciones anteriores".

— "Pero se puede aceptar sólo el concepto absolutamente correcto y universalmente reconocido, es decir que las células sexuales o los embriones de los nuevos organismos son producidos por el organismo, por su cuerpo, pero no directamente a partir de la célula sexual a partir de la cual se ha producido este organismo ya maduro, y que se derrumba completamente toda la teoría, en sí cerrada, de la herencia cromosómica".

— "Las células sexuales y todas las demás células a partir de las cuales se reproducen los organismos, se originan a consecuencia del desarrollo de todo el organismo, mediante transformación, mediante el «metabolismo»".

— "Para algunos no está todavía claro que la capacidad de la transmisión hereditaria no reside solamente en los cromosomas, sino en cualquier partícula del organismo viviente".

— "Reconocemos los cromosomas, no discutimos su existencia. Pero no reconocemos la teoría de la herencia cromosómica, no reconocemos el Mendelismo-Morganismo".

Manifestación de Stoletow:

— "Ninguna maniobra de los mendelistas es capaz de salvar la teoría cromosómica que es improductiva y no científica, ante el completo desemmascaramiento".

Manifestación de Present:

— "El sabio soviético Prof. Markow ha demostrado que la llamada continuidad de los cromosomas es una leyenda".

Manifestación de Perow:

— "El segundo problema biológico es la cuestión del portador mate-

rial de la vida como un proceso. Los genetistas formales lo han encontrado en el gen místico, imaginario, y en el fondo inmaterial, que se halla en la célula sexual. No voy a comenzar una polémica con ellos, si analizo desde un punto de vista bioquímico la simpleza de esta tesis”.

Manifestación de Kostjukowa:

— “El gen es un producto imaginario de pura agua” . . . “La teoría del gen es una teoría que inhibe el desarrollo”.

Lenz, en el Capítulo ya mencionado de la obra **Genética Humana** hace el siguiente comentario: “Tiene razón W. F. Nemschinow, director de la Academia Timirjasew, que en el Congreso de la Academia Lenin dijo: “Naturalmente la verdad será siempre la verdad y vencerá”. Añadió además que “la teoría cromosómica de la herencia y las leyes de Mendel en modo alguno representan una teoría “idealista” y “reaccionaria”.

Hemos señalado el derrumbe, no de la bien vigente teoría cromosómica, sino de aquella de la herencia de los caracteres adquiridos. De modo que a los “biólogos” como Lysenko y sus seguidores solo nos resta recordarles la siguiente frase de Pierre Corneille: “Les morts que vous tuez se portent assez bien”.

Para cerrar estas consideraciones sobre herencia de caracteres adquiridos es conveniente discutir las ideas de ciertos biólogos y especuladores filosóficos, sobre el origen de la variabilidad importante para la evolución. Por una parte, se ha supuesto una variabilidad preorientada hacia fines particulares (ortogénesis) y por lo tanto dirigida por estos fines. Otra escuela del pensamiento sustenta la creencia de que los factores del ambiente, a través del efecto que pro-

ducen sobre los organismos, modifican el material hereditario de modo que dichos efectos son transmitidos a los descendientes, es decir, apoya la tesis lamarckista de la herencia de los caracteres adquiridos (véanse las consideraciones previas). La experimentación nunca ha podido demostrar dicha herencia. Se ha dicho entonces que se transmiten hereditariamente los caracteres adquiridos de valor adaptativo no antes de que hayan transcurrido numerosísimas generaciones (véase no obstante pretensión de Lysenko, más arriba). Hogben (1951) ha dicho que “esto lleva la cuestión desde el plano de la experimentación comprobable al de la mera suposición, por lo cual toda nueva discusión carece de sentido”. La opinión mayoritaria de la escuela experimental contemporánea está bien expresada en las palabras siguientes de Srb y Owen (1955): “Estamos ahora razonablemente seguros de que están errados tanto los teleólogos como los defensores de la herencia de los fenotipos adquiridos adaptativos. Esta convicción se basa sobre dos consideraciones complementarias, una negativa y otra positiva. En la parte negativa, nadie ha sido capaz de descubrir un mecanismo por el cual una peculiaridad en el ambiente ordinario pueda provocar como respuesta un cambio adaptativo en el germoplasma de los animales y plantas que mejor conocemos. El ambiente afecta realmente los fenotipos, la manera en que los genes se expresan, pero no coloca una señal adaptativa sobre los propios genes . . .”. “El aspecto positivo de nuestra convicción . . . está basado sobre el hecho de que la adaptación parece explicarse adecuadamente en términos de lo que actualmente co-

nocemos como correcto acerca de la herencia". Es decir, los hechos puestos en evidencia por la genética, sometidos a la prueba de rigurosos métodos experimentales, indican claramente los procesos que han actuado y actúan en la naturaleza para producir la necesaria variabilidad y el progreso evolutivo, procesos que no son otros que la mutación, recombinación, selección natural, la deriva genética, los cambios cromosómicos numéricos y estructurales, el aislamiento reproductivo, y las migraciones. Esta evidencia no deja lugar para las interpretaciones finalistas, y los procesos mencionados hacen innecesaria la función de la hipotética herencia de los caracteres adquiridos para explicar la adaptación y la evolución. Por otra parte es tan amplio el funcionamiento de los sistemas genéticos a través de todos los organismos vivos estudiados, que aún el más tenaz opositor de la genética debe admitir que juegan un papel de primerísima importancia. La evolución aprovecha para sus resultados nuevas variantes y combinaciones genéticas, las cuales son sometidas a prueba por la selección natural, y eliminadas en el caso de tener valor adaptativo inferior; aquellas que resultan verdaderos "aciertos" son incorporadas al patrimonio hereditario de las poblaciones respectivas. Si aceptamos que en la naturaleza rige el principio de la economía, un simple razonamiento lógico nos dice que no se hubiera realizado un proceso tan laborioso, prolongado y persistente para la evolución de los sistemas genéticos, si éstos no tuvieran realmente dicha importancia o si existiera otro proceso (por ejemplo la herencia de los caracteres adquiridos) que fuese más eficiente.

Otro tema digno de consideración es el de las relaciones de la genética con la evolución, en algún aspecto tratado en el punto anterior. Han transcurrido 120 años desde que Carlos Darwin, la primera figura en la historia de las ideas evolutivas, publicara su obra máxima "El Origen de las Especies", en la cual presentara abundantes pruebas de su teoría, que fueron causa principal de la amplia aceptación que la misma alcanzara posteriormente. El gran cúmulo de conocimientos que actualmente se poseen, logrados en buena medida mediante el estudio experimental de los factores involucrados, no deja lugar para las opiniones de quienes niegan la realidad de los procesos que en sus grandes líneas han sido propuestos por los estudios para explicar la variabilidad y el progreso en el mundo biológico. No obstante, de tanto en tanto aparece esporádicamente alguna opinión adversa, producto principalmente de una posición sectaria combinada con una falta de información acerca de los hechos respectivos. Viene al caso precisamente una frase inserta en un ensayo publicado en uno de nuestros grandes rotativos en febrero de 1962, titulado "Un lego pide la palabra". En dicha frase, el autor manifestaba que "las implicaciones de la física moderna son ya incontables e incontestables. Así por ejemplo quedó terminantemente caduca la teoría darwiniana de la selección natural, desde que Planck probó con su teoría de los **cuanta**, que el desarrollo en la naturaleza no es continuado, constante y uniforme, sino bien al contrario "cuantitativo", o sea por saltos, con lo que también quedó falta de base la incansablemente repetida aseveración de que **Natura non**

facit saltus". Para los biólogos evolucionistas contemporáneos constituiría ciertamente una gran sorpresa la pretendida caducidad, cuando precisamente la teoría de Darwin había alcanzado el apogeo de su aceptación entre los estudiosos y también entre muchísimos legos; cuando acababa de festejarse jubilosamente hacía poco más de dos años, en distintos países del orbe, y por la mayoría de los biólogos, el centenario de la obra de Darwin ya mencionada; y cuando infinidad de observaciones e investigaciones experimentales probaban no solo la realidad de la evolución por selección natural sino también su modo operativo.

Por otra parte, hacía mucho tiempo que los biólogos evolucionistas sabían que si bien la evolución es un proceso aparentemente continuo, está no obstante compuesto de pequeñas etapas discontinuas representadas por las mutaciones. También estaban perfectamente al tanto de que la evolución no es constante y uniforme, razón por la cual existen los conceptos de evolución rápida, estancamiento evolutivo, extinción y reemplazo, que ellos han creado. No hay por lo tanto ninguna incompatibilidad entre la evolución por selección natural y la teoría de los **quanta**.

El aforismo **Natura non facit saltus** fue formulado por el filósofo Leibniz hace aproximadamente dos siglos y medio, posiblemente en relación con sus ideas sobre un orden preformado en la naturaleza, según las cuales en la escala de progreso preformada de los organismos vivos, no podía haber peldaños desocupados. Leibniz no poseía el concepto de evolución y por otra parte el de mutación es relativamente reciente y tampoco jugaba en el pensamiento de dicho

filósofo. Salvando las distancias que median entre sus conceptos y los actuales, diríamos que sus **saltus** pueden equipararse a transformaciones bruscas de especies o entidades de mayor jerarquía, y en este sentido es indudable que el aforismo no ha perdido su valor.

Los estudios relativos a los problemas evolutivos constituyen en nuestros tiempos una atractiva ocupación de muchos biólogos. En los importantes progresos logrados en las últimas décadas, los aportes de la genética ocupan un lugar destacado. Es lógico que así ocurriera, puesto que los procesos intrínsecos que llevan a las transformaciones evolutivas, son de naturaleza genética, cuya dilucidación corresponde naturalmente a los estudios de la herencia. Los factores de orden genético proveen la variabilidad sobre la cual actúan los factores ambientales para aislar las combinaciones génicas o cambios cromosómicos que den fenotipos mejor adaptados a una situación particular, dirigiendo la difusión y distribución de las entidades originadas en los distintos niveles en que ocurren los procesos evolutivos (individual, racial o específico) y de allí la importancia de los estudios ecológicos y de distribución geográfica. Además, la interpretación de ciertos hechos y tendencias requiere la información suministrada por la paleontología, la sistemática, y la embriología, morfología y bioquímica comparadas. Por eso los conocimientos actuales sobre evolución constituyen una síntesis de aquellos aportados por distintas ciencias, lo que dio origen en la década del 30 a lo que conocemos como teoría sintética de la evolución.

Los estudios sobre evolución han

alcanzado al presente un alto grado de excelencia, como se puede constatar en algunos de los tratados publicados recientemente, por ejemplo en **Evolution** (Freeman, San Francisco, 1977), del cual son autores cuatro de los más eminentes evolucionistas contemporáneos: Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine. Estos estudios realzan la validez del aforismo de Dobzhansky (1973): **Nada hay en biología que tenga sentido, excepto a la luz de la evolución.**

Como tema final de estas consideraciones, creo útil tratar, aunque más no sea superficialmente, aquel de la "ingeniería biológica". Según mi opinión, bajo esta denominación pueden incluirse todos los procedimientos o técnicas cuyo objetivo sea la confección de nuevos genotipos (y la incrementación de los individuos que los portan) o el desvío de la fenogénesis (sin cambio en el genotipo), sea con un fin práctico o con miras a apoyar investigaciones de índole teórica.

Una rama de la ingeniería biológica es la "ingeniería genética", que de acuerdo con mi criterio debe definirse como aquella cuyo fin es la "construcción" de nuevos genotipos que condicionen fenotipos más favorables, o que puedan utilizarse en apoyo de investigaciones que eventualmente amplíen nuestra base de conocimientos genéticos y por ende biológicos. Esta línea de trabajo, cuyo origen no es de ninguna manera de estos días, ha sido en estos últimos años ruidosamente promovida, particularmente en nuestro medio, aunque no se puede asegurar que se haya producido alguna "nuez". La expresión ha sido objetada recientemente por Melchers (1977) y por Schnack (1978), pero

debido a la amplia difusión que su uso ha alcanzado, no queda alternativa sino aceptarla. Sin duda debemos esperar grandes logros en el futuro por el desarrollo de sus técnicas y métodos.

Otra rama de la ingeniería biológica es lo que Lederberg (1963) llamó "eufenesia" (**euphenics**) que consiste en desviar la fenogénesis humana impidiendo el desarrollo defectuoso (debido a un genotipo desfavorable), mediante el suministro lo más tempranamente posible de los metabolitos cuya síntesis no pueden gobernar dichos genotipos, o reduciendo la ingestión de una sustancia perjudicial cuyo metabolismo degradativo está bloqueado por efecto de un gen inactivo en la producción de la enzima apropiada para cumplir la etapa metabólica respectiva. Tales son los conocidos casos de tratamiento de la diabetes por administración de insulina, del tratamiento exitoso de la fenilcetonuria por suministro a los enfermos de una dieta pobre en el aminoácido fenilalanina, y (no ya en el hombre) de la asunción de desarrollo normal en ratones enanos por el injerto de tejido de pituitaria de ratones normales, y todos los casos de individuos homocigóticos para genes letales condicionales, tales como lo son algunos de los ya mencionados, y los numerosos casos estudiados en el mohó **Neurospora crassa** y en bacterias. El término "eufenesia" debiera comprender el uso de los procedimientos indicados no solamente en el hombre, sino también en cualquier otro organismo, pues nada se opone a ello. (Sin embargo, yo propongo para esta rama de la ingeniería biológica, la denominación de "ingeniería fenética" —véase más

adelante—). Lo mismo podemos decir del término “eugenesia” (**eugenics**, Galton, 1883), que se aplica a aquella parte de la “eutenesia” (**euthenics**, cfr. Rieger, Michaelis and Green, 1976) que estudia los agentes que bajo control social pueden mejorar (o debilitar) las malas cualidades hereditarias de las futuras generaciones humanas, sea física o mentalmente. La “eutenesia” incluye todas las medidas tendientes a la producción de mejores condiciones de vida para las personas, pero no necesariamente creadoras de individuos que puedan transmitir hereditariamente dicho mejoramiento. La eugenesia equivale a mejoramiento genético, y el término se aplica particularmente al hombre, aunque no habría razón para que no se extendiera a otros organismos cfr. (Covas, G. 1964). La eutenesia incluiría la “ingeniería genética” y lo que aquí denominamos “ingeniería fenética”.

Pero hay otra rama de la ingeniería biológica, para la cual propongo la denominación de “ingeniería reproductiva”, que comprendería todas las técnicas utilizadas para incrementar el número de individuos con genotipos más apropiados logrados por la “ingeniería genética”. Esta última tendría una función creadora primordial, y la “ingeniería reproductiva” una función multiplicadora, sea mediante clonación, implantación de óvulos, superovulación, etc. La “ingeniería genética” quizá podría en ciertos casos tener función multiplicadora, como hipotéticamente ocurriría cuando un bloqueo metabólico que impidiera la reproducción, fuera corregido por medio de sus métodos.

Propongo entonces las denominaciones siguientes:

Ingeniería biológica, que incluiría

todos los procedimientos y técnicas cuyo objeto fuera la producción de nuevos genotipos, o el desvío de la fenogénesis (sin cambio en el genotipo), y la multiplicación de individuos con genotipos apropiados, sea con un fin práctico o con miras a apoyar investigaciones de índole teórica. Se dividiría en:

a) **Ingeniería genética**, cuyas técnicas llevan a la obtención de nuevos genotipos que condicionen fenotipos más favorables, o genotipos que puedan utilizarse en apoyo de investigaciones que amplíen nuestra base de conocimientos en el campo de la genética y por ende de la biología.

b) **Ingeniería reproductiva**, cuyas técnicas cumplen el fin de incrementar al máximo los individuos con nuevos genotipos más favorables producidos por la ingeniería genética. Los métodos de incrementación pueden ser diversos, y pueden incluir métodos reproductivos convencionales y métodos no convencionales.

c) **Ingeniería fenética**, que cambia el curso de la fenogénesis sin afectar al genotipo.

“Ingeniería genética” es una expresión relativamente nueva para algunas ocupaciones relativamente viejas de fitogenetistas y zoogenetistas, particularmente de los primeros. Es de cierta importancia la tarea realizada, a partir del siglo XVIII, durante el XIX, e intensificada durante el siglo presente, y para producir algunos resultados importantes no fue menester esperar los adelantos de la genética molecular de la década de los años 60.

Algunos autores al referirse a la “ingeniería genética”, parecen restringir dicha denominación a las técnicas o procedimientos para mejorar los genotipos humanos, aunque para

ilustrar las posibles aplicaciones futuras se remiten a los fenómenos de **transducción** (transferencia de material genético entre bacterias mediante un fago que actúa como vector) y de **transformación** (fenómeno por el cual, también en bacterias, se incorpora en el genóforo bacteriano ADN de una cepa distinta, aunque emparentada). La "ingeniería genética" debiera lógicamente comprender todas las técnicas cuyo objetivo fuera la confección de nuevos genotipos, en cualquier grupo de organismos, sea con fines de aplicación práctica o puramente experimentales. Así lo entendieron evidentemente los genetistas que usaron la denominación de "ingeniería cromosómica" (cfr. Rick y Kush, 1966) para las técnicas de manipulación cromosómica tendientes a la producción de monosómicos, trisómicos, deficiencias cromosómicas, híbridos interespecíficos, etc., con los fines mencionados. Es obvio que la "ingeniería cromosómica" es parte de la "ingeniería genética". Según Gerstel y Mann (1966), "la manipulación de cromosomas no es nueva; se remonta a los primeros hibridadores del siglo XVIII, o por lo menos a los experimentos de Boveri con óvulos dispérmicos de erizo de mar (1907). Dichos autores señalan que los estudios de este último suministraron una prueba de diferencias cualitativas entre cromosomas. En óvulos fertilizados por dos espermatozoides, la distribución desequilibrada de cromosomas en la primera división de segmentación, produjo células que al ser separadas desarrollaron diferentemente.

Algunos de los resultados que ja-

lonan la trayectoria de la "ingeniería genética" previa a los adelantos de la genética molecular, son los siguientes:

Año 1717. Obtención del primer híbrido interespecífico artificial en plantas (***Dianthus caryophyllus*** x ***D. barbatus***), por Thomas Fairchild, en Inglaterra.

Años 1761 a 1766. Durante este período Kölreuter en Alemania publicó su obra informando los resultados de 136 experimentos de hibridación en plantas.

Año 1907. Experimentos de Boveri con óvulos dispérmicos de erizo de mar.

Año 1927. Empleo por Muller de estirpes confeccionadas especialmente para detectar mutaciones letales ligadas al sexo, y mutaciones visibles, en ***Drosophila melanogaster***.

Año 1931. Demostraciones citológicas experimentales del sobrecruzamiento (**crossing-over**) por Creighton y McClintock, en Estados Unidos, en ***Zea mays***, y por Stern, en Alemania, en ***Drosophila melanogaster***. Estas deben considerarse como demostraciones apoyadas por experimentos de "ingeniería genética", pues para sus fines los investigadores debieron confeccionar razas con pares heteromórficos de cromosomas y disponer sobre los mismos determinadas combinaciones génicas.

Años 1941 - 1944. Clausen en 1941, y Clausen y Cameron, en 1944, establecen el valor de los monosómicos para programas de sustitución y para localizar genes sobre cromosomas específicos.

Año 1951. Obtención de sandías triploides sin semilla por Kihara (cfr. Elliot, 1958).

BIBLIOGRAFIA

- BEADLE, G. W., and B. EPHRUSSL. 1937. "Development of eye colors in *Drosophila*: diffusible substances and their interrelations". *Genetics*, 22: 76-78.
- BEADLE, G. W., and E. L. TATUM. 1941. "Genetic control of biochemical reactions in *Neurospora*". *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 27: 449-506.
- CLAUSEN, R. E., and CAMERON, D. R. 1944. "Inheritance in *Nicotiana tabacum*. XVIII. Monosomic analysis". *Genetics*, 29: 447-475.
- GERSTEL, D. U. and J. T. MANN. 1966. "Aspects of chromosome manipulation: a résumé. Chromosome manipulations and Plant Genetics: 113-120. Oliver and Boyd. Edinburgh and London.
- HOGBEN, L. T. 1951. "Biología General". Espasa Calpe. Madrid.
- HOROWITZ, N. 1975. "El gen". *Biología y Cultura*. Selecciones de Scientific American. Hermann Blume Ediciones. Madrid.
- LAWRENCE, W. J. C. 1950. "Genetic control of biochemical synthesis as exemplified by plant genetics - flower colors". *Bioch. Soc. Symp.*, 4: 3-9.
- LENGYEL, P., J. F. SPEYER and S. OCHOA. 1961. "Synthetic polynucleotides and the amino acid code". *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 47: 1936-1942.
- NIRENBERG, M. W., and MATTHAEI, J. H. 1961. "The dependence of cell-free proteinsynthesis in *E. coli* upon naturally occurring or synthetic polynucleotides". *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 47: 1588-1602.
- RICK, C. M., and G. S. KUSH. "Chromosome engineering in *Lycopersicon*". *Chromosome Manipulations and Plant Genetics*: 8-20. Oliver and Boyd. Edinburgh and London.
- RIEGER, R., A. MICHAELIS and M. M. GREEN. 1976. "Glossary of Genetics and Cytogenetics". Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- SRB, A. M., and R. D. OWEN. 1955. "General Genetics". Freeman, San Francisco.
- TATUM, E. L. 1959. "A case history in biological research". *Science*, 129: 1711-1715.
- YANOFSKY, C. 1963. "Amino acids replacements associated with mutations and recombination in the A gene and their relationship to *in vitro* coding data.